

PERBAIKAN KESTABILAN DINAMIK SISTEM TENAGA LISTRIK MULTIMESIN DENGAN METODA LINEAR QUADRATIC REGULATOR (STUDI KASUS : PT. PLN SUMBAR-RIAU)

Aidil Danas, Heru Dibyo Laksono dan Syaffi

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Abstract— *System stability is an important part in the planning and operation of electric power systems, especially dynamic stability. The ability of a power system to maintain stability under small disturbances defined as dynamic stability. The small disturbances consist of load variation in generation side in random, slow and cascaded. This condition may change system frequency which effect in system stability and can not work normally. The aim of this research is to design suitable control system via simulation to respond small disturbances in the power system. The simulation test system is used PT. PLN data Sumbar-Riau system under Linear Quadratic Regulator (LQR) method. The method is used to obtain control value to reach design criteria, that are overshoot less then 5 % and steady state time less then 4 second. The simulatino result shows that the system design have reach the criteria of design at 0.65 times basic load to 1.35 times of basic load.*

Abstrak—*Pada perencanaan dan operasi sistem tenaga listrik, kestabilan sistem adalah hal yang sangat penting terutama kestabilan dinamik. Kestabilan dinamik adalah kestabilan sistem terhadap gangguan kecil. Gangguan kecil ini berupa perubahan beban pada sisi pembangkit secara acak, pelan, dan bertingkat. Gangguan ini mengakibatkan perubahan frekuensi yang menyebabkan kestabilan sistem berubah sehingga tidak mampu bekerja secara normal. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan informasi perancangan pengendali melalui simulasi untuk memperbaiki kestabilan sistem akibat perubahan beban kecil. Simulasi dilakukan pada sistem tenaga listrik PT. PLN Sumbar-Riau dengan menerapkan metoda Linear Quadratic Regulator (LQR). Metode ini digunakan mendapatkan nilai pengendali agar dapat memenuhi kriteria rancangan yang diinginkan, yaitu lewatan maksimum tidak lebih dari 5 % dan waktu keadaan mantap kurang dari 4 detik. Hasil simulasi menunjukkan rancangan pengendali memenuhi kriteria pada kondisi 0.65 kali beban dasar sampai dengan 1.35 kali beban dasar.*

Keywords : *Dynamic stability, controller, Linear Quadratic Regulator (LQR)*

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik umumnya terdiri dari beberapa pembangkit (sistem multi-mesin) yang diinterkoneksi melalui saluran transmisi. Tujuan dari interkoneksi adalah untuk menjamin kontinuitas ketersediaan terhadap kebutuhan tenaga listrik yang terus meningkat. Semakin berkembangnya sistem tenaga listrik semakin lemahnya unjuk kerja sistem terhadap gangguan-gangguan. Salah satu efek gangguan adalah osilasi daya akan menyebabkan sistem keluar dari area kestabilannya yang mengakibatkan dampak yang lebih buruk dari seperti pemadaman total. Gangguan dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu gangguan kecil

dan gangguan besar. Gangguan kecil merupakan satu dari elemen sistem dinamik yang dapat dianalisis menggunakan persamaan linear (analisis sinyal kecil). Gangguan kecil dapat berupa perubahan beban pada sisi beban atau pembangkit secara acak, pelan, dan bertingkat. Kestabilan sistem terhadap gangguan kecil disebut kestabilan sinyal kecil (*small signal stability*) atau kestabilan *steady-state* (pada awal-awal literatur sering disebut kestabilan dinamik).

Kestabilan sistem tenaga sendiri adalah kemampuan sistem untuk kembali pada kondisi kerja normalnya setelah terjadinya gangguan. Perubahan beban yang kecil pada sistem tenaga listrik adalah suatu hal yang tidak dapat

dihindari dan selalu terjadi. Oleh karena itu perlu didesain suatu pengendali yang dapat menjaga sistem tenaga listrik tetap stabil. Penelitian ini bertujuan mendesain pengendali untuk mengendalikan sistem tenaga listrik menggunakan metode Linear Quadratic Regulator (LQR).

Adapun manfaat dari penelitian adalah memberikan informasi desain pengendali untuk mengendalikan kestabilan frekuensi dalam rangka memperbaiki kinerja sistem tenaga listrik multimesin. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Setiap pembangkit diwakili satu unit generator. Sistem eksitasi dan governor dianggap mempunyai pemodelan yang sama.
2. Perhitungan aliran daya menggunakan metoda Newton-Raphson.
3. Pengendali dirancang dengan metoda *Linear Quadratic Regulator (LQR)*.
4. Keluaran yang dianalisis berupa perubahan frekuensi.
5. Nilai fungsi pembobot ditentukan dengan menggunakan metoda coba - coba.

II. Metodologi Penelitian

Dalam desain sistem kendali dengan metoda Linear Quadratic Regulator (LQR) pada sistem tenaga listrik multimesin ini dilakukan untuk pengendalian perubahan frekuensi sistem tenaga listrik sehingga dari hasil simulasi tersebut dapat diketahui tanggapan perubahan frekuensi tanpa dan dengan metoda Linear Quadratic Regulator (LQR). Dalam penelitian ini digunakan data-data sistem tenaga listrik PT. PLN (Persero) Sumbar –Riau. Adapun data yang digunakan meliputi diagram segaris sistem tenaga listrik PT. PLN (Persero) Sumbar-Riau, data pembangkitan, data beban serta data saluran dengan jumlah bus bus 21 buah, jumlah pembangkit 7 buah serta jumlah saluran 24 buah.

Untuk mendapatkan kondisi awal sistem dilakukan perhitungan aliran daya dengan menggunakan metoda Newton Raphson dan reduksi matrik admitansi saluran dengan menggunakan metoda Kron. Hasil perhitungan aliran daya ini terdiri dari magnitude tegangan ($|V|$), sudut phasa (θ), daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) setiap bus dan hasil perhitungan ini digunakan untuk menghitung parameter mesin K_1 s/d K_6 . Setelah didapatkan parameter-

parameter mesin kemudian dilakukan pembentukan matrik keadaan (*state space*). Adapun bentuk persamaan keadaan (*state space*) dinyatakan dalam bentuk persamaan (1) dan (2) berikut

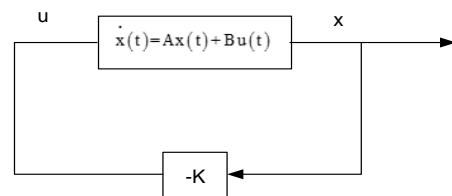
$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t) \quad (2)$$

dimana $x(t)$ adalah vektor keadaan (vektor nyata n -dimensi), $u(t)$ adalah vektor kendali

(vektor nyata r -dimensi), A adalah matriks keadaan, B adalah matrik masukan, C adalah matrik keluaran dan D adalah matrik transmisi. Setelah matrik keadaan (*state space*) terbentuk kemudian dilakukan pemeriksaan nilai eigen dari matrik keadaan. Pemeriksaan ini bertujuan untuk melihat apakah sistem bersifat stabil atau tidak. Berarti jika semua nilai-nilai eigen dari persamaan keadaan (*state space*) mempunyai bagian nyata negatif, terletak di sebelah kiri sumbu imajiner bidang s , maka sistem dikatakan stabil sebaliknya jika salah satu nilai eigen mempunyai bagian nyata positif maka sistem dikatakan tidak stabil dan harus didesain suatu pengendali agar sistem bersifat stabil. Adapun desain pengendali menggunakan metoda Linear Quadratic Regulator (LQR).

Sasaran dari perancangan pengendalian ini untuk menentukan hukum kendali optimal $u(x,t)$ yang dapat memindahkan sistem dari keadaan awal ke keadaan akhir sedemikian rupa sehingga dapat memberikan indeks kerja minimum. Gambar 1. adalah sistem kendali dengan K adalah elemen-elemen matrik yang harus ditentukan sedemikian rupa sehingga akan meminimumkan indeks performansi.



Gambar 1. Sistem Kendali Optimal

Berdasarkan Gambar 1. Diperoleh hukum kendali optimal yang dinyatakan dengan persamaan (3) berikut

$$u(t) = -Kx(t) \quad (3)$$

dimana K adalah matrik $r \times n$ yang dinyatakan oleh persamaan (4) berikut

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ k_{r1} & k_{r2} & \dots & k_{rn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (3) ke (1) diperoleh persamaan (5) berikut

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B(-Kx(t)) = (A - BK)x(t) \quad (5)$$

Matrik $(A-BK)$ dianggap stabil jika semua nilai eigen Matrik $(A-BK)$ mempunyai bagian nyata negatif. Dalam melakukan desain kendali optimal berdasarkan indeks performansi kuadratik adalah bagaimana menentukan elemen matrik K . Dengan meminimumkan indeks performansi diperoleh persamaan (6) berikut

$$J(x) = \int_0^{\infty} (x' Q x + u' R u) dt \quad (6)$$

Dimana Q adalah matrik bobot $n \times n$ simetris, semidefinite positif yang berguna untuk menentukan tingkat presisi dari pengendali dan R juga merupakan matrik bobot $n \times n$ simetris, semidefinite positif yang berguna untuk menentukan biaya ekonomi dari pengendali. Pemilihan elemen-elemen matrik Q ini dilakukan dengan menggunakan metoda coba-coba. Penyelesaian dari persamaan (5) dilakukan dengan menggunakan pengali Lagrange λ yang merupakan konstanta positif yang menunjukkan bobot biaya kontrol terhadap kesalahan yang diminimumkan dan diperoleh persamaan (7) berikut

$$p(t) = -p(t)A - A^T p(t) - Q + p(t)BR^{-1}B^T p(t) \quad (7)$$

Persamaan (7) disebut persamaan matrik Riccati, matrik $p(t)$ akan mencapai keadaan mantap dengan harga $p(t)$ menuju satu titik sehingga pada kondisi tersebut $p(t)$ sama dengan nol dan persamaan (7) berubah menjadi persamaan (8) berikut

$$-p(t)A - A^T p(t) - Q + p(t)BR^{-1}B^T p(t) = 0 \quad (8)$$

Pada persamaan (8) matrik $p(t)$ menuju harga konstan, oleh karenanya penyelesaian dari matrik $p(t)$ pada persamaan (8) adalah

konstan dengan demikian harga K pada persamaan (5) dinyatakan oleh persamaan (9)

$$K = -R^{-1}B^T p(t) \quad (9)$$

Selain itu persamaan (5) juga bisa diselesaikan dengan menggunakan pendekatan transformasi Laplace pada persamaan (10) berikut

$$\dot{x}(t) = (A - BK)x(t) \quad (10)$$

Transformasi Laplace dari persamaan (10) dinyatakan dengan persamaan (11) s/d (13) berikut

$$sX(s) - x(0) = (A - BK)X(s) \quad (11)$$

$$sX(s) - (A - BK)X(s) = x(0) \quad (12)$$

$$X(s) = (sI - (A - BK))^{-1} x(0) \quad (13)$$

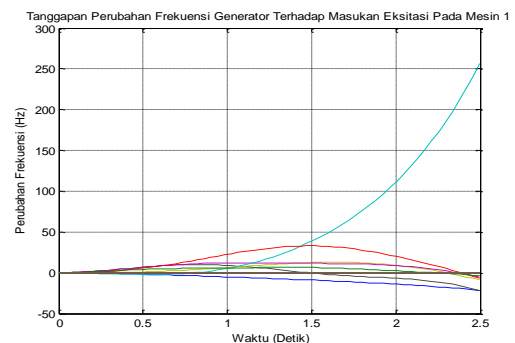
Nilai s pada persamaan (13) disebut sebagai nilai eigen dari matrik $(A - BK)$ Nilai eigen tersebut berupa bilangan real atau kompleks. Setelah itu baru dilakukan analisa tanggapan sistem tanpa metoda Linear Quadratic Regulator (LQR) dan dengan metoda Linear Quadratic Regulator (LQR) dengan melakukan perubahan beban.

III. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini kriteria desain yang diinginkan adalah

1. Lewatan maksimum kurang dari 5 %..
2. Waktu keadaan mantap kurang dari 4 detik.

Tanggapan perubahan frekuensi tanpa metoda Linear quadratic Regulator (LQR) diperlihatkan pada Gambar 2. dan Gambar 3. berikut



Gambar 2. Tanggapan Perubahan Frekuensi Mesin Terhadap Masukan Eksitasi Mesin 1



Gambar 3. Tanggapan Perubahan Frekuensi Mesin Terhadap Masukan Turbin Mesin 1

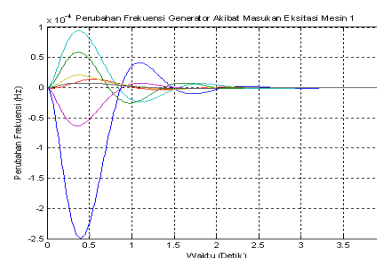
Simulasi yang sama dilakukan untuk mesin 2 s/d mesin 7 dimana menunjukkan bahwa tanpa metoda Linear quadratic Regulator (LQR), perubahan frekuensi pada masing-masing mesin ada yang beresilasi dan bersifat tidak stabil. Hal ini ditunjukkan juga dengan nilai eigen tiap-tiap mesin dimana masih ada bagian real dari nilai eigen tersebut yang bernilai positif dan hasil keseluruhan nilai eigen untuk tiap mesin dapat dilihat pada Tabel 1. berikut

Tabel 1. Nilai Eigen Tanpa Metoda Linear Quadratic Regulator (LQR)

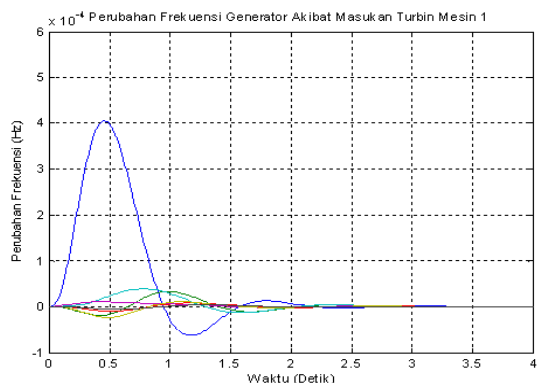
Nomor Mesin	Nilai Eigen	
	Real	Imajiner
1	8.50e-001	+ 3.67e-001i
	8.50e-001	- 3.67e-001i
	1.47e-001	
	3.66e-002	
	1.55e-002	+ 1.59e+000i
	1.55e-002	- 1.59e+000i
2	-2.89e-002	+ 3.31e+000i
	-2.89e-002	- 3.31e+000i
	-3.82e-002	
	-4.55e-002	
	-5.21e-002	+ 4.11e+000i
	-5.21e-002	- 4.11e+000i
3	-5.59e-002	
	-7.84e-002	+ 2.23e+000i
	-7.84e-002	- 2.23e+000i
	-1.02e-001	+ 2.84e+000i
	-1.02e-001	- 2.84e+000i
	-1.39e-001	+ 1.93e-001i
4	-1.39e-001	- 1.93e-001i

	-1.87e+000	+ 5.45e+000i
	-1.87e+000	- 5.45e+000i
	-2.25e+000	
	-2.39e+000	+ 9.77e+000i
	-2.39e+000	- 9.77e+000i
5	-2.50e+000	+ 1.20e+001i
	-2.50e+000	- 1.20e+001i
	-6.66e+000	
	-6.66e+000	
	-6.66e+000	
6	-6.66e+000	
	-6.66e+000	
	-6.67e+000	
	-9.90e+000	+ 1.31e+001i
	-9.90e+000	- 1.31e+001i
7	-1.00e+001	
	-1.00e+001	
	-1.00e+001	
	-1.00e+001	
	-1.00e+001	

Hasil yang didapatkan tanpa metoda Linear Quadratic Regulator (LQR) adalah keadaan sistem belum memenuhi kriteria kestabilan yang diinginkan. Untuk itu pada sistem perlu dirancang nilai penguatan yang diumpanbalikkan pada masing-masing variabel keadaan sistem. Hasil rancangan tersebut berupa nilai matrik Q dan R yang mempengaruhi nilai penguatan umpan balik sehingga tercapai kriteria sistem yang diinginkan. Dalam simulasi juga dilakukan variasi beban sistem dengan hasil sebagai berikut



Gambar 4. Tanggapan Perubahan Frekuensi Mesin Terhadap Masukan Eksitasi Mesin 1 Untuk Beban Dasar



Gambar 5. Tanggapan Perubahan Frekuensi Mesin Terhadap Masukan Turbin Mesin 1 Untuk Beban Dasar

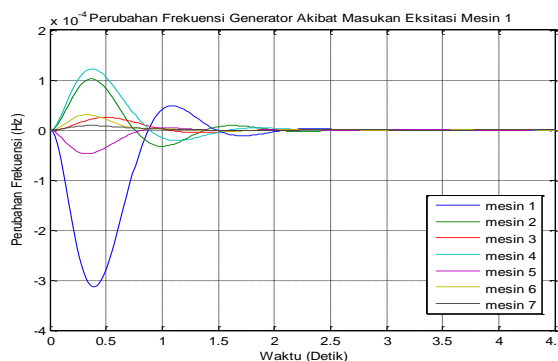
Simulasi yang sama dilakukan untuk mesin 2 s/d mesin 7 dimana menunjukkan bahwa setelah menggunakan pengendali, frekuensi pada masing-masing mesin sudah bersifat stabil tetapi belum memenuhi kriteria yang diinginkan.

Tabel 2. Nilai Eigen Dengan Metoda Linear Quadratic Regulator (LQR) Untuk Beban Dasar

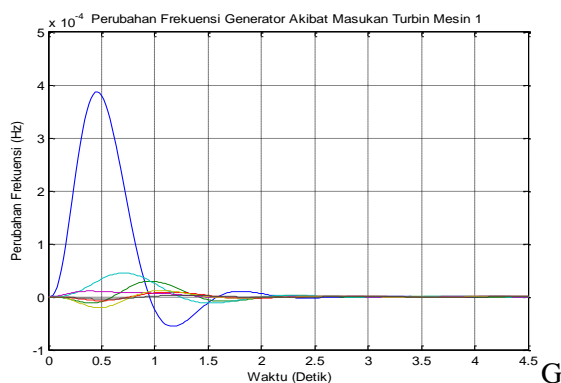
Nomor Mesin	Nilai Eigen	
	Real	Imajiner
1	-1.97e+000	+ 4.17e+000i
	-1.97e+000	- 4.17e+000i
	-2.20e+000	+ 5.02e+000i
	-2.20e+000	- 5.02e+000i
	-2.41e+000	+ 4.34e+000i
	-2.41e+000	- 4.34e+000i
2	-2.51e+000	+ 4.56e+000i
	-2.51e+000	- 4.56e+000i
	-2.74e+000	+ 4.10e+000i
	-2.74e+000	- 4.10e+000i
	-2.89e+000	+ 4.34e+000i
	-2.89e+000	- 4.34e+000i
3	-3.20e+000	+ 6.27e+000i
	-3.20e+000	- 6.27e+000i
	-4.42e+000	
	-6.93e+000	+ 1.98e+000i
	-6.93e+000	- 1.98e+000i
	-7.50e+000	+ 2.01e+000i
4	-7.50e+000	- 2.01e+000i
	-7.92e+000	+ 1.98e+000i
	-7.92e+000	- 1.98e+000i

5	-8.03e+000	+ 2.00e+000i
	-8.03e+000	- 2.00e+000i
	-8.73e+000	+ 1.75e+000i
	-8.73e+000	- 1.75e+000i
	-8.93e+000	
	-9.51e+000	+ 2.18e+000i
	-9.51e+000	- 2.18e+000i
6	-1.04e+001	+ 8.94e+000i
	-1.04e+001	- 8.94e+000i
	-1.26e+001	+ 1.09e+001i
	-1.26e+001	- 1.09e+001i
	-1.64e+001	+ 1.86e+001i
	-1.64e+001	- 1.86e+001i
	-2.71e+001	+ 3.99e+001i
7	-2.71e+001	- 3.99e+001i
	-4.86e+001	+ 5.50e+001i
	-4.86e+001	- 5.50e+001i
	-8.04e+001	+ 9.75e+001i
	-8.04e+001	- 9.75e+001i
	-1.19e+002	
	-3.80e+002	

Penggunaan metoda Linear Quadratic Regulator (LQR) pada beban dasar ini kemudian digunakan pada kondisi perubahan beban. Perubahan beban akan menyebabkan perubahan frekuensi dan demikian juga dengan matrik keadaan sistem. Variasi beban ini dilakukan supaya dapat memenuhi batas kinerja sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Pada makalah ini hanya diperlihatkan tanggapan perubahan frekuensi mesin untuk 1.1 kali beban dasar yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dan Gambar 7. berikut



Gambar 6. Tanggapan Perubahan Frekuensi Mesin Terhadap Masukan Eksitasi Mesin 1 Untuk Beban 1.1 Kali Beban Dasar



Gambar 7. Tanggapan Perubahan Frekuensi Mesin Terhadap Masukan Turbin Mesin 1 Untuk Beban 1.1 Kali Beban Dasar

Simulasi yang sama dilakukan untuk mesin 2 s/d mesin 7 dimana menunjukkan bahwa setelah menggunakan pengendali, frekuensi pada masing-masing mesin sudah bersifat stabil.

Nilai Eigen pada Tabel 3. menunjukkan perubahan frekuensi bergeser ke kiri daripada beban dasar, artinya pada pembebanan 1.1 beban dasar sistem bekerja dengan stabil. Nilai Eigen untuk beban 1.1 kali beban dasar dapat dilihat pada Tabel 3. berikut

Tabel 3. Nilai Eigen Untuk Beban 1.1 Kali Beban Dasar

Nomor Mesin	Nilai Eigen	
	Real	Imajiner
1	-2.15e+000	+ 4.10e+000i
	-2.15e+000	- 4.10e+000i
	-2.30e+000	+ 5.01e+000i
	-2.30e+000	- 5.01e+000i
	-2.41e+000	+ 4.32e+000i
	-2.41e+000	- 4.32e+000i
2	-2.56e+000	+ 4.55e+000i
	-2.56e+000	- 4.55e+000i
	-2.72e+000	+ 4.14e+000i
	-2.72e+000	- 4.14e+000i
	-2.91e+000	+ 4.33e+000i
	-2.91e+000	- 4.33e+000i
3	-3.21e+000	+ 6.27e+000i
	-3.21e+000	- 6.27e+000i
	-4.29e+000	
	-6.93e+000	+ 1.98e+000i
	-6.93e+000	- 1.98e+000i

4	-7.50e+000	+ 2.01e+000i
	-7.50e+000	- 2.01e+000i
	-7.93e+000	+ 1.98e+000i
	-7.93e+000	- 1.98e+000i
	-8.04e+000	+ 2.00e+000i
	-8.04e+000	- 2.00e+000i
5	-8.73e+000	+ 1.75e+000i
	-8.73e+000	- 1.75e+000i
	-8.80e+000	
	-9.51e+000	+ 2.18e+000i
	-9.51e+000	- 2.18e+000i
	-1.04e+001	+ 8.97e+000i
6	-1.04e+001	- 8.97e+000i
	-1.26e+001	+ 1.09e+001i
	-1.26e+001	- 1.09e+001i
	-1.64e+001	+ 1.86e+001i
	-1.64e+001	- 1.86e+001i
	-2.72e+001	+ 3.98e+001i
7	-2.72e+001	- 3.98e+001i
	-4.90e+001	+ 5.44e+001i
	-4.90e+001	- 5.44e+001i
	-8.04e+001	+ 9.75e+001i
	-8.04e+001	- 9.75e+001i
	-1.19e+002	
	-3.81e+002	

Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa daerah operasi sistem yang sesuai dengan kriteria yang ditetapkan berada pada rentang 0.65 sampai 1.25 kali beban dasar. Berkurangnya beban akan menyebabkan waktu menuju keadaan mantap akan semakin lama sedangkan naiknya beban akan menyebabkan lewatan maksimum akan menjadi semakin lebih besar.

IV. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah

1. Metoda Kendali Linear Quadratic Regulator (LQR) dapat mengendalikan kestabilan perubahan frekuensi akibat perubahan beban.
2. Tanpa metoda Linear Quadratic Regulator (LQR), perubahan frekuensi sistem menunjukkan ketidakstabilan.

3. Bobot matrik Q dan R diperoleh dengan menggunakan metoda coba – coba dimana memiliki nilai terbesar 100 dan nilai terkecil 0.001 dan bobot matrik R memiliki nilai terbesar 1 dan nilai terkecil 0.227
4. Hasil desain pengendali dengan metoda Linear Quadratic Regulator (LQR) ini daerah operasinya untuk perubahan beban berada antara 0.65 kali beban dasar sampai 1.25 kali beban dasar

V. Saran

Adapun saran dari hasil penelitian ini adalah

1. Model sistem eksitasi dapat diganti dengan model eksitasi lainnya seperti sistem eksitasi AC maupun sistem eksitasi ST sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap kestabilan sistem tenaga itu sendiri.
2. Dalam pencarian matrik pembobot Q dan R dapat digunakan metode lain seperti metode eksak, algoritma genetika, logika fuzzy dan lain-lain sehingga keunggulan masing-masing metode dapat diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AE.Fitzgerald, C.Kingsley,Jr, Electric Machinery, Canada, McGraw-Hill, 1983

- [2] Anderson, PM and AA Fouad, Power System Control and Stability, IOWA, The IOWA State University Press, AMESS, IOWA, USA, 1977
- [3] Hamdy, AM and Yao Nan Yu, Dynamic Interaction of Multi-Machine Power System and Excitation Control, IEEE, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 1974
- [5] Kundur, P, Power System Stability and Control, Electric Power Research Institute,
- [6] McGraw-Hill, inc, 1994
- [7] Ogata K., Modern Control Engineering, Prentice Hall International, Inc., Singapore, 1996
- [8] Padiyar, KR, Power System Dynamics, John Willey & Sons, Singapore, 1996
- [9] Stevenson, Jr., William D and John J Grainger, Power System Analysis, McGraw-Hill, inc, New York, 1994
- [10] Robandi, Imam, Desain Sistem Tenaga Modern, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006
- [11] Richard C.Dorf, Modern Control System, New York, Prentice Hall International, Inc., 2001
- [12] Saadat, Hadi, Power System Analysis, McGraw-Hill, New York, 1994

Biodata Penulis

Aidil Danas, lahir di Padang pada tanggal 1 Mei 1956, Menyelesaikan pendidikan S1 Program Studi Elektro Fakultas Teknik di Universitas Ekasakti, Padang dan lulus pada tahun 1997, lalu bekerja di Universitas Ekasakti, Padang. Dan sekarang melanjutkan Pasca Sarjana di UNAND aliansi ITB Fakultas Teknik pada program studi Teknik Elektro.